



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Kraftfahrzeugtechnik

Tabellenbuch Kraftfahrzeugtechnik

Tabellen

Formeln

Übersichten

Normen

- **Mathematik** • **Betriebsführung** • **Grundkenntnisse** • **Werkstoffkunde**
- **Zeichnen** • **Fachkenntnisse Kraftfahrzeugtechnik** • **Elektrische Anlage**
- **Vorschriften**

17. Auflage

Lektorat: Rolf Gscheidle, Studiendirektor

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 20566 ohne Formelsammlung

Europa-Nr.: 2056X mit Formelsammlung

Autoren des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik:

Fischer, Richard	Studiendirektor	Polling – München
Gscheidle, Rolf	Studiendirektor	Winnenden
Gscheidle, Tobias	Studiendirektor	Sindelfingen – Stuttgart
Heider, Uwe	Kfz-Elektriker-Meister, Trainer Audi AG	Neckarsulm – Ellhofen
Hohmann, Berthold	Studiendirektor	Eversberg
van Huet, Achim	Oberstudienrat	Oberhausen – Essen
Keil, Wolfgang	Oberstudiendirektor	München
Lohuis, Rainer	Oberstudienrat	Hückelhoven – Aachen
Mann, Jochen	Studiendirektor	Schorndorf
Schlögl, Bernd	Studiendirektor	Rastatt – Gaggenau
Steidle, Bernhard	Studiendirektor	Stuttgart – Neckarsulm
Wimmer, Alois	Oberstudienrat	Berghülen

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:

Rolf Gscheidle, Studiendirektor, Winnenden

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Leinfelden-Echterdingen

17. Auflage 2017, korrigierter Nachdruck 2019

Druck 6 5 4 3

Alle Drucke dieser Auflage sind im Unterricht nebeneinander einsetzbar, da sie bis auf die korrigierten Druckfehler und kleine Normänderungen unverändert sind.

ISBN 978-3-8089-2127-4 ohne Formelsammlung

ISBN 978-3-8085-2137-3 mit Formelsammlung

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2017 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz und Layout: rkt, 51379 Leverkusen, www.rktypo.com

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: Daimler AG, Stuttgart und © Anna Om – Fotolia.com

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

Die neu gestaltete und umfassend überarbeitete Auflage des Tabellenbuches Kraftfahrzeugtechnik dient als Nachschlagewerk von kraftfahrzeugtechnischen Problemstellungen in Service, Reparatur, Diagnose sowie Um- und Nachrüstung. Alle technisch aktuellen Themen wurden neu aufgenommen und die Bilder und Tabellen sind nach methodischen und didaktischen Gesichtspunkten gestaltet.

Zielgruppen

Auszubildende, Facharbeiter, Techniker, Meister und Studierende des Bereiches Kraftfahrzeugtechnik.

Hinweise für den Benutzer

Inhaltsverzeichnis. Zum schnellen Aufsuchen von Sachverhalten ein ausführliches Inhaltsverzeichnis vorangestellt.

Sachwortverzeichnis. Es ermöglicht ein rasches Auffinden von Inhalten und Begriffen.

Griffleiste. Um ein schnelles Auffinden der 8 Sachgebiete zu ermöglichen, ist jedem Abschnitt eine Griffmulde zugeordnet.

Inhalt

Mathematik. Das Kapitel ist gegliedert in allgemeine Grundlagen und fachspezifische Berechnungen am Kraftfahrzeug.

Bei den Formeln werden zwei Gleichungen unterschieden:
 Größengleichungen nach DIN 1313 (**rot** umrahmt)
 Zahlenwertgleichungen (**blau** umrahmt).

Hinweis: Bei Zahlenwertgleichungen müssen die Größen in den angegebenen Einheiten eingesetzt werden.

Betriebsführung. In diesem Kapitel werden Grundlagen, Auftragsabwicklung, Qualitätssicherung und Kostenrechnen behandelt.

Grundkenntnisse. In diesem Kapitel sind Grundkenntnisse der Physik, Chemie, Informationstechnik sowie des Steuerns und Regelns tabellarisch dargestellt. Ebenso sind metalltechnische Grundlagen, Fügetechniken, Normteile und die Grundlagen der Zerspantechnik übersichtlich zusammengestellt.

Werkstoffkunde. Aufbau, Herstellung und Arten von Kraftstoffen sowie weitere Betriebs- und Hilfsstoffe sind nach neuester Norm zusammengestellt. Aktuelle Kühlflüssigkeiten, Kältemittel und AdBlue wurden aufgenommen.

Zeichnen. Hier sind geometrische Grundkonstruktionen, grafische Darstellungen und alle notwendigen Normen, Grenzabmaße und Passungen zum Technischen Zeichnen aufgeführt.

Fachkenntnisse. Dieses Kapitel umfasst wichtige kraftfahrzeugtechnische Inhalte, dargestellt in tabellarischer Form. Vorangestellt sind Tabellen mit Fahrzeugdaten von Pkw, Krafträder, Nkw und Traktoren.

In den Unterkapiteln **Motor**, **Antriebsstrang**, **Fahrwerk** und **Fahrzeugbau** sind technische Neuerungen, wie z. B. Kühl-, Schmier- und Gemischbildungssysteme, Abgasnachbehandlung, Hybridantriebe, E-Maschine, IT-Netz, Freischalten von Elektrofahrzeugen, automatisierte Schaltgetriebe, Reifen, Ventile, Abschnittsreparatur, Lackieren sowie EBS-Druckluftbremsanlage, neu aufgenommen.

Elektrische Anlage. Hier sind alle wichtigen elektrischen Geräte und Systeme behandelt. Neu aufgenommen sind: Neue Bus- und Komfortsysteme, Hochvolt-Technik, Fehlersuchpläne, Fahrerassistenzsysteme.

Vorschriften. In diesem Kapitel sind wichtige kraftfahrzeugtechnische Vorschriften sowie Vorschriften zur Unfallverhütung nach den neuesten technischen und gesetzlichen Bestimmungen zusammengestellt, wie z. B. Gefährdungskennlinien, Vorschriften E-Mobilität, Nkw-Ladevorschriften, Ladungssicherung und Bremsenprüfung Nkw.

Inhaltsverzeichnis	5	
Mathematik	6 ... 96	M
Inhaltsverzeichnis	97	
Betriebsführung	98 ... 118	B
Inhaltsverzeichnis	119	
Grundkenntnisse	120 ... 160	G
Inhaltsverzeichnis	161	
Werkstoffkunde	162 ... 198	W
Inhaltsverzeichnis	199	
Zeichnen	200 ... 216	Z
Inhaltsverzeichnis	217	
Fachkenntnisse	218 ... 426	F
Inhaltsverzeichnis	427	
Elektrische Anlage	428 ... 514	E
Inhaltsverzeichnis	515	
Vorschriften	516 ... 559	V

Firmenverzeichnis

Die nachfolgend aufgeführten Firmen haben die Autoren durch fachliche Beratung, durch Informations- und Bildmaterial unterstützt. Es wird ihnen hierfür herzlich gedankt.

Alcan Aluminiumwerke GmbH
Werk Nürnberg

ARAL AG, Bochum

Audatex Deutschland, Minden

Audi AG

Ingoldstadt, Neckarsulm

Behr GmbH & Co, Stuttgart

Beissbarth GmbH

Automobil Servicegeräte
München

Beru-BorgWarner

Federal-Mogul

Ludwigsburg

BMW

Bayrische Motoren-Werke AG

München

Continental Teves AG & Co, OHG

Frankfurt

ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart

Case-Steyr

Landmaschinentechnik GmbH

St. Valentin Österreich

Citroen Deutschland AG, Köln

Continental Aftermarket GmbH,

Eschborn

Daimler AG, Stuttgart

Dataliner Richtsysteme

Ahlerstedt

DEKRA AG, Stuttgart

Deutsche BP AG, Hamburg

Deutsche Gesetzliche

Unfallversicherung

München

Deutz Fahr Agrarsysteme GmbH

Lauingen

Dhollandia Deutschland GmbH,

Glinde

Ducati Motor Deutschland

Köln

DUNLOP GmbH, Hanau/Main

J. Eberspächer, Esslingen

ESSO AG, Essen

FAG Kugelfischer

Georg Schäfer AG

Schweinfurt

Fendt Agro, Marktoberdorf

Ferrari Deutschland GmbH
Wiesbaden

Ford-Werke AG, Köln

Getrag, Getriebe- und

Zahnradfabrik GmbH

Ludwigsburg

Gewerbeaufsichtsamt

München-Land

GKN Löbro GmbH

Offenbach/Main

Glasurit GmbH

Münster, Westfalen

Graubremse GmbH, Heidelberg

Hella KG, Hueck & Co, Lippstadt

HONDA DEUTSCHLAND GMBH

Offenbach/Main

Huf Hülsbeck & Fürst

GmbH & Co KG

Velbert

Michael Immler GmbH

Immenstadt

IVECO-Magirus AG, Ulm

John Deere, Bruchsal

Josam Richttechnik GmbH

Henstedt-Ulzburg

Koch Achsmessanlagen

Wennigsen

MSI Motorservice

International GmbH

Kolbenschmidt

Pierburg / Neckarsulm

Knorr-Bremse GmbH

München

KTM Sportmotorcycles AG,

Mattighofen/Österreich

LuK GmbH, Bühl / Baden

MAHLE GmbH, Stuttgart

MAN Maschinenfabrik

Augsburg-Nürnberg AG, München

Mann und Hummel, Filterwerke

Ludwigsburg

Mazda Motors Deutschland GmbH

Leverkusen

MCC – Micro Compact Car GmbH

Böblingen

Messer-Griesheim GmbH

Frankfurt/Main

Metzeler Reifen GmbH,

Techn. Kundendienst

München

Michelin Reifenwerke

AG & Co KGaA

Karlsruhe

NGK, Ratingen

OMV AG, Wien

Adam Opel AG, Rüsselsheim

OZ Deutschland GmbH

Biberach

Piaggio Gilera Deutschland GmbH

Dieburg

Pirelli Deutschland GmbH

Breuberg

Dr .Ing. h.c. F. Porsche AG

Stuttgart

Renault Nissan Deutschland AG

Brühl

Ringfeder VBG Group

Truck Equipment

Krefeld

SCANIA Deutschland GmbH

Koblenz

Siemes Deutschland, München

SKF Kugellagerfabriken GmbH

Schweinfurt

Spicer Gelenkwellenbau GmbH

Essen

Subaru Deutschland GmbH

Friedberg/Hessen

Sun Electric Deutschland GmbH

Mettmann

Technolit GmbH, Großlüder

Temic Elektronik, Nürnberg

Toyota Deutschland GmbH

Köln

TÜV, München

Volkswagen AG, Wolfsburg

Wabco Westinghouse GmbH

Hannover

ZF Friedrichshafen AG

Freidrichshafen

ZF Getriebe GmbH

Saarbrücken

ZF Sachs AG, Schweinfurt

Grundlagen

Einheiten im Messwesen, Größen, Formelzeichen, Einheiten	6	M
Taschenrechner	10	
Winkelfunktionen	11	
Prozent-, Zins-, Verhältnis-, Mischungsrechnen	12	
Längen, Gestreckte Längen, Biegeradius, Kanten, Bördeln von Blechen	13	
Flächen, Volumen	16	

Mechanik · Hydraulik · Pneumatik · Wärmetechnik · Antriebe

Masse, Dichte, Kräfte	21	B
Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung, Überholen	24	
Arbeit, Energie, Leistung, Wirkungsgrad	29	
Drehmoment, Hebel, Flaschenzug, Reibung, Festigkeit	31	
Druck, Hydraulik, Pneumatik, Wärmetechnik	37	
Riementrieb, Zahnradtrieb	44	G

Berechnungen Motor

Hubraum, Verdichtung, Kolbengeschwindigkeit, Gasdruck, Kolbenkraft, Kurbeltrieb	47	W
Steuerwinkel, Steuerzeiten, Ventilöffnungszeit, Gasgeschwindigkeit	50	
Luftverhältnis, Liefergrad, Luftverbrauch, Kraftstoffverbrauch	51	
Kraftstoffeinspritzmenge, Schmierölverbrauch, Mischungsverhältnis, Ölfördermenge	53	
Zugeführte Wärmemenge, Motorkühlung, Gefrierschutzmischung	54	
Motor-, Nutz- und Innenleistung, Wirkungsgrad, innere Arbeit, Hubraumleistung	55	

Berechnungen Antriebsstrang (Kraftübertragung)

Kupplung, Wechselgetriebe	61	Z
Achsgetriebe, Gesamtübersetzung	65	
Antriebskraft an den Antriebsrädern, Drehmoment, Leistung, Fahrgeschwindigkeit	66	
Ausgleichsgetriebe, Kreuzgelenke, Gelenkwellen	68	
Fahrwiderstände, Antriebskraft, Antriebsleistung, Fahrschaubild	70	

Berechnungen Fahrwerk

Achskräfte, Auflagerkräfte, Schwerpunktabstand, Federberechnung	74	F
Lenkung: Spur, Spurdifferenzwinkel, Lenkgetriebe, Gesamtübersetzung der Lenkung	77	
Bremsen: Mechanische, hydraulische Übersetzung, Leitungsdruck, Spannkraft	79	
Gesamtübersetzung, Umfangskraft, Bremsmoment, Trägheitskraft, Bremskraft	81	
Bremsarbeit, -leistung, -prüfung, Abbremsung	83	

Berechnungen Elektrotechnik

Ohmsches Gesetz, Widerstand	85	E
Spannungsabfall, Stromdichte, Leitungsberechnung	86	
Schaltung von Widerständen	87	
Spannungsteiler, Messbrücke (Wheatstonesche Brücke)	88	
Kondensatoren, Elektrische Leistung und Arbeit, Wirkungsgrad	89	
Batterie	90	
Magnetisches Feld, Elektrisches Feld	91	V
Wechselstrom	92	
Schaltung von Wechselstromwiderständen	93	
Stern- und Dreieckschaltung, Transformator, Antennen	94	
Elektronische Bauelemente, Winkel und Zeiten beim Zündvorgang	95	
Pulsweitenmodulation, Datenübertragung	96	

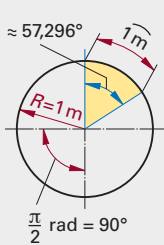
SI-Basiseinheiten

Die Einheiten im Messwesen sind im internationalen Einheitensystem (SI = System International d'Unités) festgelegt. Das SI-System baut auf 7 Basiseinheiten (Grundeinheiten) auf, von denen weitere Einheiten abgeleitet sind. Dezimale Vielfache und dezimale Teile von Einheiten können nach DIN 1301 bezeichnet werden, z. B. Kilometer mit km oder Millimeter mit mm.

Das SI-System fördert die internationale Vereinheitlichung im Messwesen; es wurde für die Bundesrepublik Deutschland durch das „Gesetz über Einheiten im Messwesen“ rechtsverbindlich.

Basisgröße	Länge	Masse	Zeit	Elektrische Stromstärke	Thermodynamische Temperatur	Stoffmenge	Lichtstärke
Basiseinheit	Meter	Kilogramm	Sekunde	Ampere	Kelvin	Mol	Candela
Kurzzeichen	m	kg	s	A	K	mol	cd

Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung						
		Name	Zeichen							
Länge	<i>l</i>	Meter	m		m	dm	cm	mm		
Breite	<i>b</i>			1 km	1000	10 000	100 000	1 000 000		
Höhe, Tiefe	<i>h</i>			1 m	1	10	100	1 000		
Radius, Halbmesser	<i>r</i>			1 dm	0,1	1	10	100		
Durchmesser	<i>d</i>			1 cm	0,01	0,1	1	10		
Strecke	<i>s</i>			1 mm	0,001	0,01	0,1	1		
Dicke	<i>δ, d</i>			1 μm	0,000 001	0,000 01	0,000 1	0,001		
Fläche	<i>A, S</i>			Quadratmeter	m ²		m ²	dm ²	cm ²	mm ²
Querschnittsfläche	<i>S, q</i>					1 m ²	1	100	10 000	1 000 000
		1 dm ²	0,01			1	100	10 000		
		1 cm ²	0,000 1			0,01	1	100		
		1 km ²	1 000 000			1 ha = 100 a = 10 000 m² = 0,01 km²				
Volumen	<i>V</i>	Kubikmeter	m ³		m ³	dm ³ (l)	cm ³ (ml)	mm ³		
Rauminhalt				1 m ³	1	1 000	1 000 000			
				1 dm ³ (l)	0,001	1	1 000	1 000 000		
				1 cm ³ (ml)	0,000 001	0,001	1	1 000		
				1 mm ³		0,000 001	0,001	1		
		1 l = 1 dm³ = 1 000 cm³								
Zeit	<i>t</i>	Sekunde	s		d	h	min	s		
Zeitspanne		Minute Stunde Tag Jahr	min h d a	1 s		0,000 278	0,01667	1		
Dauer				1 min	0,000 69	0,01667	1	60		
				1 h	0,041 67	1	60	3 600		
				1 d	1	24	1 440	86 400		
				1 a	~365	~8 760	~525 600	~31 536 000		
				Zeitspanne: 3 h = 3 Stunden Zeitpunkt: 3^h = 3:00 Uhr						
Winkel z.B. Phasenwinkel	<i>α, β, γ</i> ... <i>φ</i>	Radiant	rad	1 rad ist gleich dem Winkel, der als Zentriwinkel aus einem Kreis mit <i>R</i> = 1 m einen Kreisbogen von 1 m Länge ausschneidet						
	<i>φ</i>			1 rad = $\frac{1 \text{ m (Bogen)}}{1 \text{ m (Radius)}}$ 1 rad ≈ 57,3°						
		Vollwinkel		1 Vollwinkel = 2 · π rad						
		Grad	°	1° = $\frac{\pi}{180}$ rad						
		Minute	'	1' = $\left(\frac{1}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{10800}$ rad						
		Sekunde	"	1" = $\left(\frac{1}{60}\right)' = \left(\frac{1}{360}\right)^\circ = \frac{\pi}{648000}$ rad						
		Gon	gon	1 gon = $\frac{\pi}{200}$ rad						

Größen								
Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung				
		Name	Zeichen					
Geschwindigkeit	v	Meter/Sekunde	m/s		m/s	m/min	km/h	
Umfangsgeschwindigkeit	v	Kilometer/Stunde	km/h	1 km/h	0,2778	16,667	1	
Lichtgeschwindigkeit	c			1 m/min	0,01667	1	0,06	
Winkelgeschwindigkeit	ω	Radian/ Sekunde	rad/s	1 m/s	1	60	3,6	
				1 cm/s	0,01	0,6	0,036	
Frequenz	f, ν	Hertz	Hz	Anzahl periodischer Vorgänge pro Sekunde				
		reziproke Sekunde	1/s	1 Hz = 1/s = s ⁻¹				
Drehzahl	n	reziproke Minute	1/min	1/s = 60/min				
Kreisfrequenz	ω	reziproke Sekunde	1/s	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$				
Periodendauer	T	Sekunde	s					
Beschleunigung	a	Meter/Sekunde hoch zwei	m/s ²	Wirkungsrichtung: Beliebig				
örtliche Fallbeschleunigung	g			Wirkungsrichtung: Zum Erdmittelpunkt $g = 9,80665 \text{ m/s}^2 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$ wird meist als Normfallbeschleunigung angegeben.				
Winkelbeschleunigung	α	Radian/ Sekunde hoch zwei	rad/s ²					
Masse	m	Kilogramm	kg		g	kg	Mg (t)	
Gewicht als Wägeregebnis		Gramm	g	1 kg	1 000	1	0,001	
		Tonne	t	1 g	1	0,001	0,000 001	
				1 Mg (t)	1 000 000	1 000	1	
längenbezogene Masse	m'	Kilogramm/Meter	kg/m	$m = l \cdot m'$ m' wird z.B. zur Berechnung der Masse von Profilen, Stäben und Rohren benutzt.				
flächenbezogene Masse	m''	Kilogramm/Quadratmeter	kg/m ²	$m = A \cdot m''$ m'' wird z.B. zur Berechnung der Masse von Blechen und Platten verwendet.				
Dichte	ρ	Kilogramm/ Kubikmeter	kg/m ³		g/cm ³	kg/dm ³	kg/m ³	
				1 kg/m ³	0,001	0,001	1	
		Kilogramm/ Kubikdezimeter	kg/dm ³	1 kg/dm ³	1	1	1 000	
				1 g/cm ³	1	1	1 000	
		Gramm/ Kubikzentimeter	g/cm ³	1 kg/l	1	1	1 000	
				1 g/l	0,001	0,001	1	
spezifisches Volumen	v	Kubikmeter/ Kilogramm	m ³ /kg	1 m³/kg = 1 000 dm³/kg = 1 dm³/g				
Stoffmenge	n	Mol	mol	Teilchenmenge = 6,022 · 10 ²³ Teilchen				
Kraft	F	Newton	N		mN	N	daN	kN
Gewichtskraft	F_G, G			1 mN	1	0,001	0,000 1	0,000 001
				1 N	1 000	1	0,1	0,001
				1 kN	1 000 000	1 000	100	1
				1 MN	10 ⁹	1 000 000	100 000	1 000
				1 N = 1 kg · 1 m/s² = 1 kg m/s²				
Drehmoment	M	Newtonmeter	Nm		Ncm	Nm	kNm	
				1 Ncm	1	0,01	0,000 01	
				1 Nm	100	1	0,001	
				1 kNm	100 000	1 000	1	

M

B

G

W

Z

F

E

V

Größen

Größe	Formelzeichen	Einheit		Umrechnung, Erklärung
		Name	Zeichen	
Temperatur	T t	Kelvin Celsius	K °C	0 Kelvin = 0 K = -273 °C 0 °Celsius = 0 °C = 273 K
Arbeit	W	Joule	J	kWh J kJ MJ
Energie	E, W			1 kWh 1 3 600 000 3 600 3,6
Wärmemenge	Q			1 J 1 0,001 0,000 001
				1 kJ 0,000 277 8 1 000 1 0,001
				1 MJ 0,277 8 1 000 000 1 000 1
1 J = 1 Nm = 1 Ws = 1 kg m²/s²				
Leistung	P	Watt	W	mW W kW MW
				1 mW 1 0,001 0,000 001 10 ⁻⁹
				1 W 1 000 1 0,001 0,000 001
				1 kW 1 000 000 1 000 1 0,001
				1 MW 10 ⁹ 1 000 000 1 000 1
1 W = 1 J/s = 1 Nm/s				
Druck	p	Pascal	Pa	Pa mbar, hPa bar N/cm ²
				1 Pa 1 0,01 0,000 01 0,000 1
				1 mbar, hPa 100 1 0,001 0,01
				1 bar 100 000 1 000 1 10
				1 N/cm ² 10 000 100 0,1 1
1 Pa = 1 N/m²; 1 bar = 10 N/cm²; 1 mbar = 1 hPa				
Mechanische Spannung	σ, τ	Newton/ Quadratmeter	N/m ²	N/m ² N/cm ² daN/cm ² N/mm ²
				1 N/m ² 1 0,000 1 0,000 01 0,000 001
				1 N/cm ² 10 000 1 0,1 0,01
				1 daN/cm ² 100 000 10 1 0,1
				1 N/mm ² 1 000 000 100 10 1
1 N/m² = 1 Pa				
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	A	mA A kA
				1 mA 1 0,001 0,000 001
				1 A 1 000 1 0,001
				1 kA 1 000 000 1 000 1
Elektrische Spannung	U	Volt	V	mV V kV
				1 mV 1 0,001 0,000 001
				1 V 1 000 1 0,001
				1 kV 1 000 000 1 000 1
Elektrischer Widerstand	R	Ohm	Ω	mΩ Ω kΩ MΩ
				1 mΩ 1 0,001 0,000 001 10 ⁻⁹
				1 Ω 1 0,001 0,000 001
				1 kΩ 1 000 000 1 000 1 0,001
				1 MΩ 10 ⁹ 1 000 000 1 000 1

Vorsätze für Zehnerpotenzen (Auswahl)

da (Deka) 10 ¹	130 Meter = 13 · 10 ¹ m = 13 dam	d (Dezi) 10 ⁻¹	0,1 Meter = 1 · 10 ⁻¹ m = 1 dm
h (Hekto) 10 ²	300 Liter = 3 · 10 ² l = 3 hl	c (Centi) 10 ⁻²	0,25 Meter = 25 · 10 ⁻² m = 25 cm
k (Kilo) 10 ³	1500 Gramm = 1,5 · 10 ³ g = 1,5 kg	m (Milli) 10 ⁻³	0,004 Meter = 4 · 10 ⁻³ m = 4 mm
M (Mega) 10 ⁶	1 200 000 Watt = 1,2 · 10 ⁶ W = 1,2 MW	μ (Mikro) 10 ⁻⁶	0,000 015 Meter = 15 · 10 ⁻⁶ m = 15 μm
G (Giga) 10 ⁹	20 500 000 000 Watt = 20,5 · 10 ⁹ W = 20,5 GW	n (Nano) 10 ⁻⁹	0,000 000 105 Meter = 105 · 10 ⁻⁹ m = 105 nm
T (Tera) 10 ¹²		p (Pico) 10 ⁻¹²	
P (Peta) 10 ¹⁵		f (Femto) 10 ⁻¹⁵	
E (Exa) 10 ¹⁸		a (Atto) 10 ⁻¹⁸	

Griechisches Alphabet (Auswahl)

A α a Alpha	E ε e Epsilon	Λ λ l Lambda	P ρ r Rho	Φ φ f(ph) Phi
B β b Beta	H η e Eta	M μ m Mü	Σ σ s Sigma	X χ ch Chi
Γ γ g Gamma	Θ θ th Theta	N ν n Nü	T τ t Tau	Ψ ψ ps Psi
Δ δ d Delta	K κ k Kappa	Π π p Pi	Υ υ ü Ypsilon	Ω ω o Omega

Römische Ziffern

I = 1	II = 2	III = 3	IV = 4	V = 5	VI = 6	VII = 7	VIII = 8	IX = 9
X = 10	XX = 20	XXX = 30	XL = 40	L = 50	LX = 60	LXX = 70	LXXX = 80	XC = 90
C = 100	CC = 200	CCC = 300	CD = 400	D = 500	DC = 600	DCC = 700	DCCC = 800	CM = 900
M = 1000	MM = 2000							

Beispiele: 98 = XCVIII 439 = CDXXXIX 1994 = MCMXCIV 2004 = MMIV

Mathematische Zeichen (Auswahl)

Zeichen	Erklärung	Zeichen	Erklärung	Zeichen	Erklärung
...	bis, und so weiter bis	-	minus, weniger	Δ	Delta, Zeichen f. Differenz
=	gleich	\sqrt{a}	Quadratwurzel aus a	\equiv	kongruent
\neq	nicht gleich, ungleich	$\cdot \times$	mal (der Punkt steht auf halber Zeilenhöhe)	\sim	ähnlich
\propto	proportional	$\div / -$	durch, geteilt durch, dividiert durch	\sphericalangle	Winkel
\approx	annähernd, nahezu gleich, rund, etwa	$\% / \text{‰}$	Prozent, vom Hundert / Promille, vom Tausend	\overline{AB}	Strecke AB
\cong	entspricht	$\%$	Prozent, vom Hundert	\overline{AB}	Bogen AB
$<$	kleiner als	‰	Promille, vom Tausend	Σ	Summe
$>$	größer als	$\{ \} [] ()$	runde, eckige, geschweifte Klammer auf und zu	e	Eulersche Zahl $e = 2,718281828\dots$
\geq	größer oder gleich, mindestens gleich	\parallel	parallel	π	Pi = 3,14159...
\leq	kleiner oder gleich, höchstens gleich	\nparallel	nicht parallel	∞	unendlich
+	plus, mehr, und	\perp	rechtwinklig zu, normal auf, senkrecht auf	log	Logarithmus (allgemein)
				lg	Zehnerlogarithmus
				ln	natürlicher Logarithmus

Anglo-amerikanische Einheiten

Länge		mm	m	Fläche		cm ²	m ²
inch (Zoll)	1 in	25,4	0,025	square inch	1 in ²	6,452	-
foot	1 ft	304,8	0,305	square foot	1 ft ²	929	0,0931
yard	1 yd	914,4	0,914	square yard	1 yd ²	8361	0,836
statute mile	1 mile	-	1609,34	acre	1 acre	-	4047
nautical mile	1 n mile	-	1852	square mile	1 mile ²	-	2,59 km ²
1 mile = 1760 yd; 1 yd = 3 ft; 1 ft = 12 in							
Volumen		cm ³	dm ³ (l)	Masse		g	kg
cubic inch	1 in ³	16,387	0,0164	grain	1 gr	0,0648	-
cubic foot	1 ft ³	28317	28,317	dram	1 dram	1,772	-
cubic yard	1 yd ³	-	764,555	ounce	1 oz	28,35	0,028
US-gallon	1 gal	3785	3,785	pound (libre)	1 lb	453,59	0,454
engl. gallon	1 gal	4546	4,546	hundredweight	1 cwt	50 802	50,802
barrel	1 barrel	-	158,990	amer. ton	1 tn	-	1016
1 tn = 20 hw; 1 cwt = 112 lb; 1 lb = 16 oz							
Geschwindigkeit		m/s	km/h	Druck		N/cm ²	bar
foot per second	1 fps	0,3048	1,096	pound per square inch	1 psi = 1 lb/in ²	0,704	0,0704
statute mile per hour	1 mph	0,4470	1,609				
nautic mile per hour	1 kn	0,5147	1,852				

Temperatur

Temperatur in Grad Fahrenheit = 1,8 · Temperatur in Grad Celsius + 32
 Temperatur in Grad Celsius = $\frac{1}{1,8}$ · (Temperatur in Grad Fahrenheit - 32)

Umrechnung von früheren Einheiten und SI-Einheiten

Druck	Energie, Arbeit	Leistung
1 at = 1 kp/cm ² = 981 mbar	1 kcal = 4186,8 J ≈ 4,2 kJ =	1 PS = 735 W = 0,735 kW =
1 mm WS = 1 kp/m ² = 0,098 mbar	= 1,16 · 10 ⁻³ kWh	= 735 Nm/s
1 mm Hg = 1 Torr = 1,333 mbar	1 kpm = 9,81 J = 9,81 Nm	1 kW = 1,36 PS

M

B

G

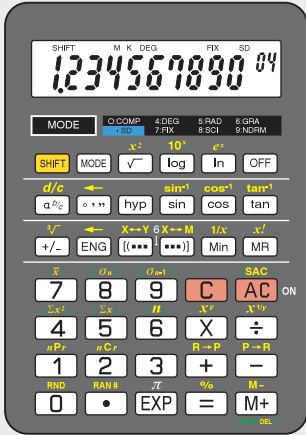
W

Z

F

E

V



*)

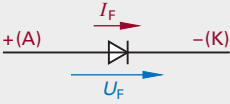
*) $1.234567890^{04} = 12345.67890$
 Exponent 0^4 : Kommastelle vier Stellen nach rechts verschieben
 $1.234567890^{-04} = 0.0001234567890$
 Exponent -0^4 : Kommastelle vier Stellen nach links verschieben

Anzeigefeld (Display)	Anmerkungen
Zahlenwertangabe Exponenten Sonderfunktionen	acht- oder zehnstellig - 99 bis + 99 M = Speicher E = Überlauffunktion z.B. $x/0 =$ unendlich
Bedienfeld	Abkürzungen
Ein-, Ausschaltfunktion Zifferntasten Punktaste für das Dezimalzeichen Löschtasten Speichertasten Speicherlöschaste Speicherrückruftaste Rechentasten Ausführungstaste Funktionstasten	ON – OFF 0 – 9 . C; CE; AC MC; STO; M+; M-; Min MC MR; MRC; RCL +; -; ×; ÷ = %; +/-; x^2 ; $1/x$; x^n ; $[(...)]$; sin; cos; tan; x^3 ; \sqrt{x} ; $\sqrt[3]{x}$; π ; ... SHIFT/INV/2nd aktiviert die Zweitbelegung der Tasten oberhalb der Funktionstasten.
Umschalttaste	

Werteingabe/Rechnungsart	Aufgabe	Tastenfolge	Wertausgabe	Anmerkungen
Zifferneingabe	25,33	2 5 . 3 3	25.33	Mit der Punktaste wird das Dezimalzeichen gesetzt.
Addition/Subtraktion	$32,2 + 27,9 - 15,7 = ?$	32.2 + 27.9 = 15.7 =	44.4	Das Ergebnis wird durch Betätigen der „=“-Taste ausgegeben.
Prozentrechnung	15% von 3000 = ?	3000 × 15 SHIFT %	450	Die Prozentaste bewirkt die Rechenoperation 1/100.
Klammerrechnung	$\frac{12 \times [2 - (1 - 6)]}{20 \cdot 5} = ?$	12 × [2 - [(1 - 6)]] ÷ 20 ÷ 5 =	0,84	Am Ende jeder Klammerrechnung die Klammertaste)] so oft drücken, wie Klammern geöffnet wurden.
Quadrieren/Potenzieren	$\frac{\pi \times 14^2}{4} = ?$ $3,7^2 = ?$ $2^5 = ?$	$\pi \times 14$ SHIFT x^2 ÷ 4 = 3.7 SHIFT x^2 2 SHIFT x^y 5 =	153.93804 13.69 32	Wegen der Genauigkeit Sonderfunktionstaste π verwenden. Das Ergebnis wird ohne Betätigen der „=“-Taste ausgegeben. Zur Ausführung der Rechenoperation muss die „=“-Taste betätigt werden.
Wurzelziehen	$\sqrt{625} = ?$ $\sqrt[3]{125} = ?$	625 $\sqrt{\quad}$ 125 SHIFT $\sqrt[3]{\quad}$ 5	25 5	Zuerst Radikant x eingeben und dann Wurzelaste drücken.
Kehrwert	$20^{-1} = ?$ bzw. $\frac{1}{20} = ?$	20 SHIFT $1/x$	0.05	Die Funktion 1/x errechnet, wie oft die betreffende Zahl in 1 enthalten ist.
Speicherrechnung	$254 + 157 - 23 + 88 = ?$	254 Min 157 M+ 23 SHIFT M+ 28 M+ MR	476	M+ bewirkt Addition im Speicher. M- bewirkt Subtraktion im Speicher. MR Speicherwert wird ausgegeben. Min Festwert wird in Speicher eingetragen. Speicherwertlöschung: Eingabe von 0 in Min oder drücken von MC.

Elektronische Bauelemente

Diode



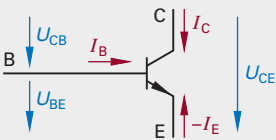
- U_F Spannungsabfall in V
- I Strom in A
- P_V Verlustleistung in W

$$P_V = U \cdot I$$

Beispiel: $U_F = 0,8 \text{ V}; I = 20 \text{ A}; P_V = ? \text{ W}$

Lösung: $P_V = U \cdot I = 0,8 \text{ V} \cdot 20 \text{ A} = 16 \text{ W}$

NPN-Transistor

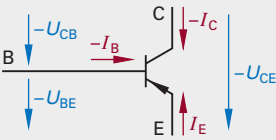


- U_{CE} Kollektor-Emitter-Spannung in V
- U_{BE} Basis-Emitter-Spannung in V
- U_{CB} Kollektor-Basis-Spannung in V
- I_B Basisstrom in mA
- I_C Kollektorstrom in mA
- I_E Emittierstrom in mA
- P_V Verlustleistung in W
- B Gleichstromverstärkung

$$U_{CE} = U_{BE} + U_{CB}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

PNP-Transistor



Beispiel: $I_E = 100 \text{ mA}; I_B = 2 \text{ mA}; I_C = ? \text{ mA}; B = ?$

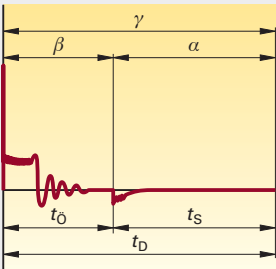
$$P_V \approx U_{CE} \cdot I_C$$

Lösung: $I_C = I_E - I_B = 100 \text{ mA} - 2 \text{ mA} = 98 \text{ mA}$

$B = I_C : I_B = 98 \text{ mA} : 2 \text{ mA} = 49$

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Winkel und Zeiten beim Zündvorgang



- γ Zündabstand in ° an der Kurbelwelle
- α Schließwinkel in ° an der Kurbelwelle
- β Öffnungswinkel in ° an der Kurbelwelle
- α_p Schließwinkel in %
- n Motordrehzahl in 1/min
- t_D Zeit zwischen 2 Zündfunken in s
- t_S Schließzeit in s
- t_0 Öffnungszeit in s
- z Zylinderzahl
- z_F Anzahl der Zündfunken je Minute in 1/min

$$\gamma = \frac{720^\circ}{z}$$

$$\gamma = \alpha + \beta$$

$$z_F = \frac{n}{2} \cdot z$$

$$t_D = \frac{\gamma}{6 \cdot n}$$

Für 4-Takt-Motoren gilt

Der Zündabstand γ ist der Drehwinkel der Kurbelwelle zwischen zwei Zündfunken.

Während des Durchlaufens des Schließwinkels ist der Primärstromkreis geschlossen.

Während des Durchlaufens des Öffnungswinkels ist der Primärstromkreis unterbrochen.

Beispiel: $z = 6; n = 6000 \text{ 1/min}; \alpha = 72^\circ; 4\text{-Takt-Motor}; t_S = ? \text{ s}$

$$t_S = \frac{\alpha}{6 \cdot n}$$

$$t_0 = \frac{\beta}{6 \cdot n}$$

$$t_D = t_S + t_0$$

Lösung: $t_S = \frac{\alpha}{6 \cdot n} = \frac{72^\circ}{6 \cdot 6000} = 0,002 \text{ s}$

$$\alpha_p = \frac{\alpha \cdot z}{7,2}$$

M

B

G

W

Z

F

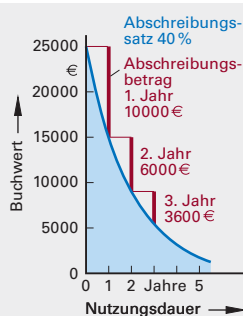
E

V

Abschreibung

Degressive Abschreibung

Bei der degressiven Abschreibung wird der Abschreibungssatz nicht auf den Anschaffungswert bezogen, sondern auf den jeweiligen Buchwert des abzuschreibenden Anlagegutes. Da der Buchwert jährlich kleiner wird, werden auch die jährlichen Abschreibungsbeträge kleiner, sie werden aber nie Null. Der Abschreibungssatz ist bei gleicher Nutzungsdauer immer größer als bei linearer Abschreibung.



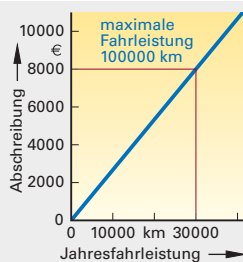
Ein Wechsel von der degressiven zur linearen Abschreibung ist möglich. Nur so kann das Anlagegut bis auf den Erinnerungswert von 1 Euro abgeschrieben werden. Ab dem 1.1.2008 ist die degressive Abschreibung für steuerliche Zwecke nicht mehr erlaubt.

Kalkulatorische Abschreibung

Im Gegensatz zur bilanziellen Abschreibung gibt es für die kalkulatorische Abschreibung keine gesetzliche Regelung. Sie wird zur Errechnung der Wertminderung von Anlagegütern verwendet, um in der Kostenrechnung den betrieblichen Erfordernissen gerecht zu werden. Dabei geht es in erster Linie um Rücklagenbildung für die Erneuerung von Anlagegütern. Als Berechnungsgrundlage dienen nicht mehr die Anschaffungskosten, sondern die Wiederbeschaffungskosten. Die kalkulatorische Abschreibung wird so lange fortgesetzt, wie das Anlagegut im Betrieb genutzt wird.

Leistungsbezogene Abschreibung

Der Anschaffungswert wird durch die maximal erzielbaren Leistungseinheiten dividiert. Den jährlichen Abschreibungsbetrag erhält man aus dem Abschreibungsbetrag je Leistungseinheit und den in diesem Zeitraum angefallenen Leistungseinheiten, z.B. km, Stück, Betriebsstunden.



Kombinierte Abschreibung

Sie wird zur Ermittlung der Unterhaltskosten von Fahrzeugen und Maschinen verwendet und setzt sich aus Abschreibung I und Abschreibung II zusammen. Abschreibung I berücksichtigt die Wertminderung durch Veralten. Abschreibung II berücksichtigt die Wertminderung durch Abnutzung. Der Rest der Wiederbeschaffungskosten wird nach Leistungseinheiten abgeschrieben. Üblicherweise werden 50 % der Wiederbeschaffungskosten nach Abschreibung I bzw. nach Abschreibung II abgeschrieben.

Jährlicher Abschreibungsbetrag

$$= \frac{\text{Buchwert} \times \text{Abschreibungssatz in \%}}{100 \%}$$

Buchwert nach einem Jahr

$$= \text{Anschaffungswert} - \text{Abschreibungsbetrag im 1. Jahr}$$

Buchwert nach zwei Jahren

$$= \text{Buchwert nach einem Jahr} - \text{Abschreibungsbetrag im 2. Jahr}$$

Wiederbeschaffungswert

$$= \text{Anschaffungswert} + \text{Teuerungszuschlag} + \text{Umbaukosten} + \text{Entsorgung}$$

Wiederbeschaffungskosten

$$= \text{Wiederbeschaffungswert} - \text{Restwert}$$

$$\text{Restwert} = \text{Erlös aus dem Verkauf der gebrauchten Anlage}$$

Abschreibung bei Restwertberücksichtigung

Jährlicher Abschreibungsbetrag

$$= \frac{\text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

Jährlicher Abschreibungsbetrag

$$= \frac{\text{Wiederbeschaffungskosten} \times \text{Jahresleistung}}{\text{Gesamtleistung}}$$

Abschreibung je km

$$= \frac{\text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{maximale Fahrleistung}}$$

Abschreibung I in Euro/Jahr

$$= \frac{\text{Wiederbeschaffungskosten}}{2 \times \text{Nutzungsdauer}}$$

Abschreibung II

$$= \frac{\text{Wiederbeschaffungskosten}}{2 \times \text{Gesamtleistung}}$$

B

G

W

Z

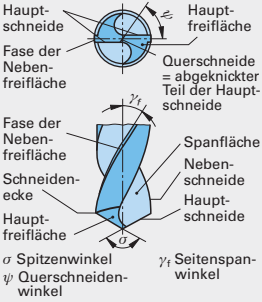
F

E

V

Bohren

Bezeichnungen am Spiralbohrer

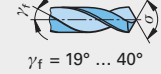


HSS HSS-G HM Titan

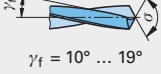
Steigende Qualität

Bohrertyp

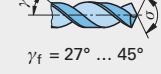
N für normale Werkstoffe



H für harte Werkstoffe



W für weiche Werkstoffe



zu bearbeitender Werkstoff

unleg. und leg. Stahl mit normaler Festigkeit und Härte, Cu-Leg. mit hoher Festigkeit, Al-Gusslegierung

Kurzspanende Werkstoffe, hart und zähhart hochlegierter Werkzeugstahl, Gusseisen

Langspanende Werkstoffe, weich und zäh Cu, Cu-Legierungen mit geringer Festigkeit, Al-Legierungen

Spitzenwinkel σ

118°

118°

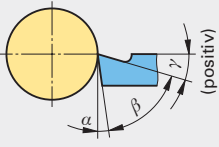
130°

Richtwerte für zu bearbeitende Werkstoffe

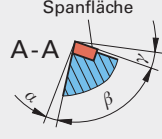
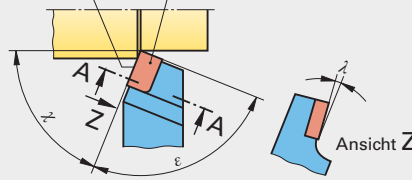
	v _c m/min	Bohrerdurchmesser d in mm						Kühl-schmier-stoff
		2	4	6	10	16	25	
		Vorschub f je Umdrehung in mm						
Unlegierte Stähle bis 700 N/mm ²	25 ... 30	0,05	0,10	0,12	0,20	0,25	0,40	Emulsion
Legierte Stähle bis 900 N/mm ²	15 ... 20	0,02	0,04	0,05	0,08	0,10	0,16	
Gusseisen	15 ... 22	0,05	0,10	0,12	0,20	0,25	0,40	trocken
Cu, Cu-Leg. (z.B. CuZn 40)	40 ... 60	0,05	0,10	0,12	0,20	0,25	0,40	trocken
Aluminium	40 ... 100	0,05	0,10	0,12	0,20	0,25	0,40	Emulsion
Thermoplaste	20 ... 40	0,05	0,10	0,15	0,18	0,25	0,30	trocken, Druckluft
Duroplaste	10 ... 20	0,05	0,10	0,15	0,18	0,25	0,30	

Drehen

Winkel am Drehmeißel

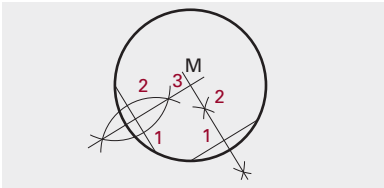


Hauptschneide Nebenschneide



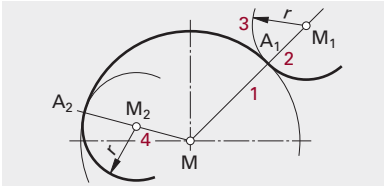
Richtwerte für das Drehen mit HSS (HighSpeedSteel; Schnellarbeitsstahl)

	R _m N/mm ²	Schnitt-tiefe a in mm	Vorschub f mm	Schnitt-geschwindig-keit v _c in m/min	Stand-zeit min	Frei-winkel α	Span-winkel γ	Neigungs-winkel λ
Allgem. Baustahl Einsatz- und Vergütungsstahl Stahlguss	< 500	0,5	0,1	75 ... 60	60	8°	18°	0° ... 4°
		3	0,5	65 ... 50				
	500 ... 700	0,5	0,1	70 ... 50	60	8°	14°	0° ... 4°
		3	0,5	50 ... 30				
Gusseisen	200 ... 400	0,5	0,1	40 ... 32	60	8°	0° ... 6°	0°
		3	0,3	32 ... 23				- 4°
Al-Legierungen	< 900	6	0,6	180 ... 120	240	10°	25° ... 35°	+ 4°



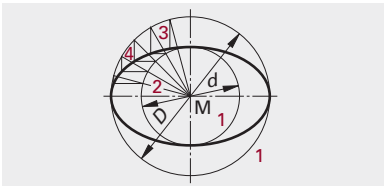
Bestimmung des Kreismittelpunktes

1. Zwei beliebige Sehnen (möglichst unter einem rechten Winkel).
2. Mittellote auf Sehnen errichten.
3. Schnittpunkt der Mittellote ist Kreismittelpunkt.



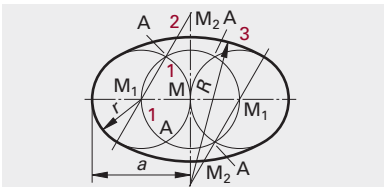
Kreisübergänge

1. Strahl von M durch Berührungspunkt A_1 .
2. Strahl von A_1 um r nach außen verlängern; Endpunkt ist Rundungsmittelpunkt M_1 .
3. Kreisbogen um M_1 mit Halbmesser r .
4. Rundungsmittelpunkt M_2 entsprechend bestimmen.



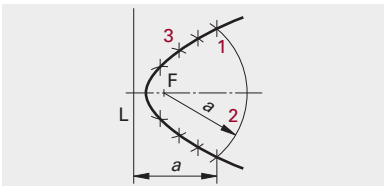
Ellipsenkonstruktion aus den Hauptachsen

1. Kreise um M mit Halbmesser R und r .
2. Beliebig viele Geraden mit verschiedenen Winkeln durch M ziehen.
3. Durch Schnittpunkt mit Kreisen Parallelen zu den Hauptachsen ziehen.
4. Schnittpunkte dieser Parallelen sind Ellipsenpunkte.



Ovalkonstruktion mit Zirkel (angenäherte Ellipse)

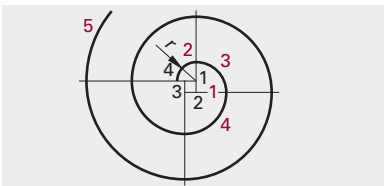
1. Drei Kreise auf großer Achse mit Halbmesser $r = a/2$ um M und M_1 .
2. Schnittpunkte der Verbindungslinien $\overline{M_1A}$ mit Verlängerungen der kleinen Achse ergeben M_2 .
3. Kreisbogen um M_2 mit Halbmesser R .



Parabelkonstruktion aus Leitlinie und Brennpunkt

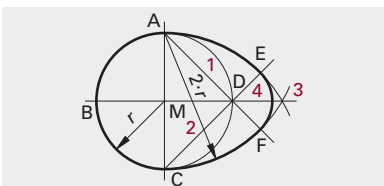
Für alle Parabelpunkte ist der Abstand von der Leitlinie L und der Abstand vom Brennpunkt F gleich groß.

1. Parallelen zur Leitlinie im beliebigen Abstand, z.B. a .
2. Kreisbogen um F mit Halbmesser $r = a$.
3. Schnittpunkte sind Parabelpunkte.



Spirale (Zirkelkonstruktion)

1. Ecken eines Quadrates im Drehsinn der gewünschten Spirale nummerieren.
2. Viertelkreis um Mittelpunkt 1 mit Halbmesser r .
3. Anschließend Viertelkreis um Mittelpunkt 2.
4. Anschließend Viertelkreis um Mittelpunkt 3.
5. usw.



Nocken

1. Kreis um M mit Halbmesser r .
2. Verbindungslinien AD und CD ziehen.
3. Kreisbogen um A und C mit Halbmesser $2 \cdot r$.
4. Kreisbogen D mit Halbmesser $2 \cdot r$;
A, C, E, F sind Übergangspunkte.

Z

F

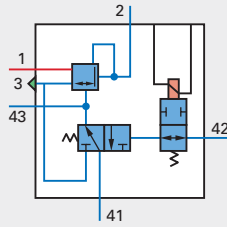
E

V

Fahrzeugmarke		BMW	Audi	Mercedes	Porsche	
Fahrzeugtyp		X 4 20i	A6 3,0 V6 TDI Quattro Avant	Q 7 3.0	E 220 d cdi	911 GT3 RS
Motor, Anzahl der Nockenwellen (NW), Besonderheiten		Otto-4T 2 NW, Turbo	Diesel-4T 2 x 2 NW, Biturbo Common Rail	Otto-4T 2 x 2 NW, Kompressor, 2 Intercooler	Diesel-4T 2 NW, ATL, Common Rail	Otto-4T 2 x 2 NW, ATL
Zylinderzahl / Anordnung / Ventile pro Zyl.		4 / Reihe / 4	6 / V-Motor / 4	6 / V-Motor / 4	4 / Reihe / 4	6 / Boxer / 4
Bohrung / Hub	mm	90,1 / 84,0	83 / 91,4	89 / 84,5	82 / 92,3	102 / 81,5
Gesamthubraum	cm ³	1997	2967	2995	1950	3996
Verdichtung		10,0	16,8	10,8	15,5	12,9
Nutzleistung / Nenndrehzah	kW / 1 / min	135 / 5000 – 6250	160 / 3250 – 5000	245 / 5500 – 6500	143 / 3800	368 / 8250
Max. Drehmoment / Drehzahl	Nm / 1 / min	270 / 1250 – 4500	500 / 1250 – 3000	440 / 2900 – 5300	400 / 1600 – 2800	460 / 6250
Leerlaufdrehzahl	1 / min	780 ± 100		830 ± 50	750	
Zündfolge		1–3–4–2	1–4–3–6–2–5	1–4–3–6–2–5	1–3–4–2	1–6–2–4–3–5
Kühlsystemfüllung	Liter	7,5			12,5	
Ölfüllmenge im Motor	Liter	4,8	6,5	6,8	7	
Batteriekapazität	Ah	90	92	75	60	95
Generatorleistung	W	2380	2160	2160	2520	2100
Gemischbildung		Direktein- spritzung	Common Rail Direkteinspr.	Direktein- spritzung	Common Rail Direkteinspr.	Direktein- spritzung
Getriebebauart		8-Stufen- automatik	7-Gang-Getr. S tronic	8-Stufen- tiptronic	9-Stufen- automatik	7-Gang-DK Getriebe
Übersetzung	1. Gang / 2. Gang	4,71 / 3,14	3,19 / 2,19	4,71 / 3,14	5,35 / 3,24	3,75 / 2,38
Übersetzung	3. Gang / 4. Gang	2,11 / 1,67	1,52 / 1,06	2,11 / 1,67	2,25 / 1,64	1,72 / 1,34
Übersetzung	5. Gang / 6. Gang	1,29 / 1,00	0,74 / 0,51	1,29 / 1	1,21 / 1,00	1,11 / 0,96
Übersetzung	7. Gang / 8. Gang	0,84 / 0,67	0,39 / –	0,84 / 0,67	0,86 / 0,72	0,84 / –
Übersetzung	9. Gang / R. Gang	– / 3,33	– / 2,94	– / 3,32	0,60 / 3,42	– / 3,42
Übersetzung im Achsantrieb		3,39	4,08	3,2	3,07	4,19
Antrieb		Allradantrieb	Allradantrieb	Allradantrieb	Hinterrachse	Heckantrieb
Fahrwerk vorne		Federbeine, Querlenker	Dreieck- querlenker	Dreieck- querlenker	Mehrlenker- achse	Mc Pherson
Fahrwerk hinten		Mehrlenker- achse	Mehrlenker- achse	Mehrlenker- achse	Mehrlenker- achse	Mehrlenker- achse
Reifen in Standardausrüstung	vorne	245 / 50 R 18	255 / 55 R17	255 / 60 R18	205 / 65 R16	255 / 35 ZR20
Reifen in Standardausrüstung	hinten	205 / 45 R 18	255 / 55 R17	255 / 60 R18	205 / 65 R16	325 / 30 ZR21
Felgen in Standardausrüstung	vorne	8,0 J x 18	8 J x 17	8 J x 18	7 J x 16	9,5 J x 20
Felgen in Standardausrüstung	hinten	8,0 J x 18	8 J x 17	8 J x 18	7 J x 16	12,5 J x 21
Sturz bei Leergewicht vorn	°	0° 20' ± 25'	0° 53' ± 23'	0° 43' ± 23'		
Vorspur bei Leergewicht vorn	°	0° 6' ± 4'	0° 20' ± 10'	0° 20' ± 10'		
Nachlauf bei Leergewicht vorn	°					
Kleinsten Wendekreis – Ø	m	11,90	11,90	12,40	11,60	11,10
Länge über alles	mm	4671	4943	5025	4923	4545
Breite über alles	mm	2089	2086	2212	2065	1880
Höhe über alles	mm	1624	1461	1741	1468	1291
Radstand	mm	2810	2912	2994	2939	2456
Spurweite vorn / hinten	mm	1615 / 1630	1627 / 1618	1679 / 1691	– / 1619	1590 / 1560
Cw-Wert / Stirnfläche in m ²		0,28	0,32	0,26	0,26 / 2,33	0,34 / 2,04
Leergewicht	kg	1810	1905	2045	1680	1420
Zulässiges Gesamtgewicht	kg	2325	2460	2740	2320	1720
Kraftstoffbehälterinhalt	Liter	67	73	85	50	64
Höchstgeschwindigkeit	km / h	212	2378	250	240	310
Beschleunigung von 0 – 100 km / h	s	8,1	6,8	6,1	7,3	3,3
Kraftstoffart		Super	Diesel	Super	Diesel	Super
Kraftstoffverbrauch nach EU-Richtlinie Innerorts / Außerorts / Gesamt	L / 100 km	9,0 / 6,1 / 7,2	5,7 / 4,8 / 5,1	9,4 / 6,8 / 7,7	4,3 / 3,6 / 3,9	19,2 / 8,9 / 12,7
Oktanzahl (Cetanzahlbedarf)	ROZ (CZ)	95 ROZ	51 CZ	95 ROZ	51 CZ	98 ROZ
CO ₂ -Emission	g / km	168	134	179	102	296
Sterne im Euro NCAP-Crashtest		–	★★★★★	★★★★★	★★★★★	–

Vorstehende Daten sind ohne jegliche Gewähr. Verbindliche Angaben der Hersteller sind zu befolgen.

EBS-Redundanzventil



Aufbau:

- Proportional-Magnetventil
- Relaisventil pneumatisch

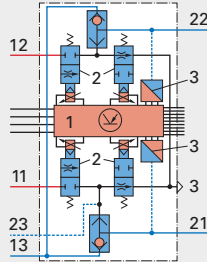
Aufgaben:

- Ansprechverhalten durch Relaisfunktion verbessern
- Synchronisieren des Bremsdruckes an VA und HA
- Reduktion des Bremsdruckes an der HA, um Überbremsen zu verhindern.

Fahrstellung: Anschluss 41 ist drucklos, Relaisventil ist geschlossen, Anschluss 2 ist drucklos, Bremse ist gelöst.

Bremsstellung: Beim Bremsen wird das Magnetventil bestromt, es öffnet und steuert das Relaisventil an. Dieses steuert dann den gewünschten Bremsdruck zum Achsmodulator durch.

Achsmodulator Hinterachse



Aufbau:

- gemeinsame Regelelektronik (1)
- getaktete Magnetventile(2)
- zwei unabhängige Druckregelkreise
- Bremsdrucksensor (3)

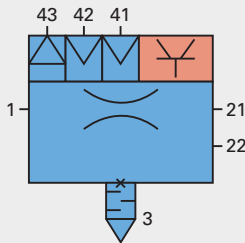
Aufgaben:

- Regelung des Bremsdruckes zu den Bremszylinder der Hinterachse.
- ABS-, ASR-, ESC-Regelung durchführen

Fahrstellung: Keine Ansteuerung vom EBS-Steuergerät. Ausgänge 21, 22 zu den HA-Bremszylindern sind drucklos.

Bremsstellung: Der Bremsbefehl wird über die Magnetventile(2) über 21, 22 in die Bremszylinder eingesteuert.

Anhängersteuerventil



Aufbau:

- Proportional-Magnetventil
- Relaisventil pneumatisch
- Abrissicherungsventil
- Bremsdrucksensor

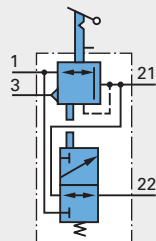
Aufgaben:

- Vorratsdruck zum Anhänger über 21 durchleiten.
- Bremsdruck zum Anhänger über ein elektropneumatisches Ventil (Anschl. 22) durchsteuern.
- Bei Ausfall der Elektronik Bremsdruck zum Anhänger über Anschluss 22 pneumatisch durchsteuern.

Fahrstellung: Anschlüsse 41 und 42 sind drucklos, Anschluss 22 pneumatisch durchsteuern, Anschluss 43 (Feststellbremse) hat Vorratsdruck. MV ist nicht angesteuert.

Bremsstellung: Beim Bremsen wird der Bremsbefehl elektronisch über die ISO-Leitung zum EBS-Modulator des Anhängers geleitet. Dieser steuert den errechneten Bremsdruck in die Bremszylinder ein.

Feststellbremsventil



Aufbau:

- Zwei pneumatisch wirkende Ventile
- Raste für Kontrollstellung

Aufgaben:

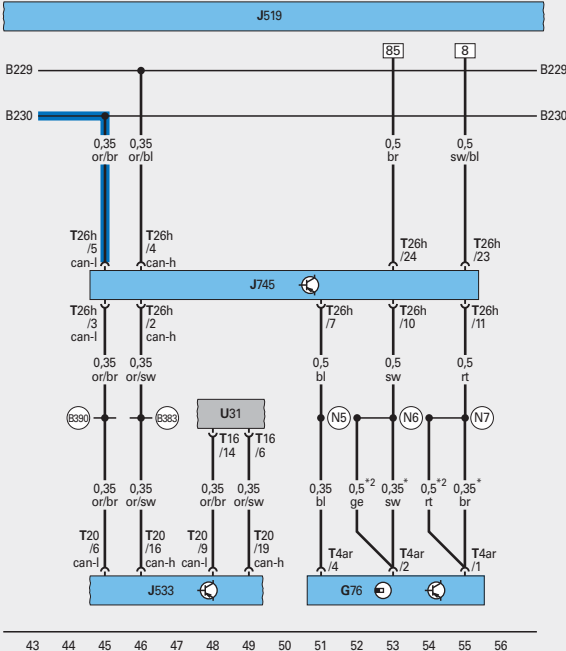
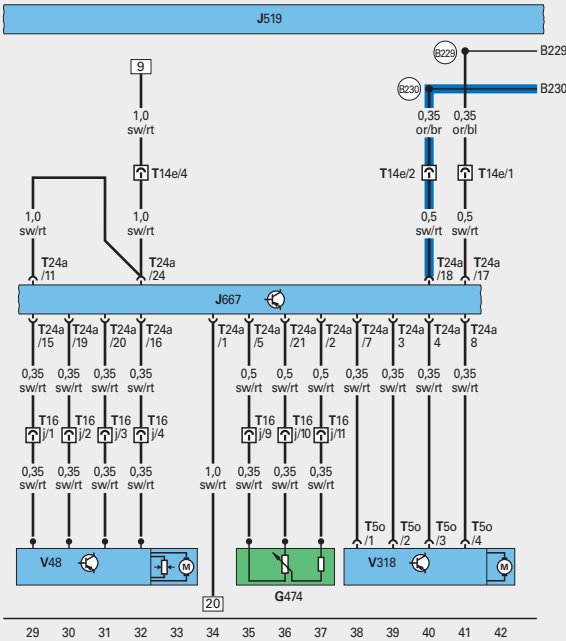
- Federspeicher be- und entlüften
- Feststellbremsdruck über Kupplungskopf gelb (Bremse) zum Anhänger durchsteuern
- abgestuftes Bremsen ermöglichen

Fahrstellung: Anschlüsse 21 u. 22 haben Vorratsdruck

Bremsstellung: Anschlüsse 21 und 22 sind drucklos, Federspeicher bremsst mit Federkraft.

F
E
V

Gasentladungsscheinwerfer (Bi-Xenon) mit automatischer Leuchtweitenregelung und Kurvenlicht Teil 2



Informationsaustausch über CAN-Bus (Low-Bus) zwischen Leistungsmodul für Scheinwerfer links am Scheinwerfer links und Steuergerät für Kurvenlicht
Leistungsmodul für Scheinwerfer links am Scheinwerfer links - Steckverbindung 14fach am Scheinwerfer links - Verbindung (Low-Bus) im Leitungsstrang Innenraum - Steuergerät für Kurvenlicht und Leuchtweitenregelung am Handschuhfach rechts

G474 Sensor für Schwenkmodulposition links

J519 Bordnetzsteuergerät

J667 Leistungsmodul für Scheinwerfer links am Scheinwerfer links

T50 Steckverbindung 5fach

T14e Steckverbindung 14fach am Scheinwerfer links

T16j Steckverbindung 16fach unter der Schalttafel links

T24a Steckverbindung 24fach

V48 Stellmotor links für Leuchtweitenregulierung
V318 Stellmotor für dynamisches Kurvenlicht

B229 Verbindung (High-Bus) im Leitungsstrang Innenraum

B230 Verbindung (Low-Bus) im Leitungsstrang Innenraum

G76 Geber für Fahrzeugniveau hinten links

G76 Geber für Fahrzeugniveau hinten links

J519 Bordnetzsteuergerät

J533 Diagnose-Interface für Datenbus im Fußraum links, Nähe Mittelkonsole

J745 Steuergerät für Kurvenlicht und Leuchtweitenregelung am Handschuhfach rechts

T4ar Steckverbindung 4fach

T16 Steckverbindung 16fach

T20 Steckverbindung 20fach

T26h Steckverbindung 26fach

U31 Anschluss für Diagnose

B229 Verbindung (High-Bus) im Leitungsstrang Innenraum

B230 Verbindung (Low-Bus) im Leitungsstrang Innenraum

B383 Verbindung 1 (CAN-Bus-Antrieb High) im Hauptleitungsstrang

B390 Verbindung 1 (CAN-Bus-Antrieb Low) im Hauptleitungsstrang

N5 Verbindung 5 im Leitungsstrang Leuchtweitenregelung

N6 Verbindung 6 im Leitungsstrang Leuchtweitenregelung

N7 Verbindung 7 im Leitungsstrang Leuchtweitenregelung

E

V